

**SISTEM MONITORING PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM  
BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* DENGAN TOPOLOGI *MESH***

oleh

Rudy Santoso Lukito

NIM: 612011047



Skripsi

Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

Desember 2015



## PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudy Santoso Lukito  
NIM : 612011049 Email : Rudysant93@gmail.com  
Fakultas : Teknik Elektro dan Komputer Program Studi : Teknik Elektronika  
Judul tugas akhir : Sistem Monitoring pada Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Wireless Sensor Network dengan Topologi Mesh

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif*\* kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA\*\*

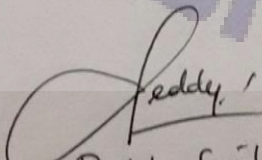
\* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

\*\* Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing I/II dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 24 Februari 2016

Mengetahui,

  
Deddy Susilo, M.Eng.  
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

  
Rudy Santoso Lukito  
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

  
F. Dahr S, MT  
Tanda tangan & nama terang pembimbing II



PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS  
UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA  
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga 50711  
Jawa Tengah, Indonesia  
Telp. 0298 - 321212, Fax. 0298 321433  
Email: library@satya-wacana.ac.id ; http://library.satya-wacana.ac.id

### PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudy Santoso Lukito  
NIM : 612011047 Email : rudy.sant93@gmail.com  
Fakultas : Teknik Elektro dan Komputer Program Studi : Teknik Elektronika  
Judul tugas akhir : Sistem Monitoring pada Lampu Penerangan Jalan Umum  
Berbasis Wireless Sensor Network dengan Topologi Mesh.  
Pembimbing : 1. Daddy Susilo, M.Eng.  
2. F. Dalu Setiaji, M.T.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 24 Februari 2016

METERAI  
TEMPEL  
Rp 6000  
Rudy Santoso Lukito



**SISTEM MONITORING PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM  
BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* DENGAN TOPOLOGI *MESH***

oleh

Rudy Santoso Lukito

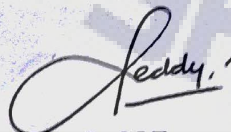
NIM: 612011047

Skripsi ini telah diterima dan disahkan  
Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
dalam  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Elektronika Dan Komputer  
Universitas Kristen Satya Wacana  
Salatiga

Disahkan oleh

1956

Pembimbing I



**Deddy Susilo, M.Eng.**

Tanggal : 25-2-16

Pembimbing II



**F. Dalu Setiaji, M.T.**

Tanggal : 25-2-16

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA: Rudy Santoso Lukito

NIM: 612011047

JUDUL SKRIPSI: SISTEM MONITORING LAMPU PENERANGAN  
JALAN UMUM BERBASIS *WIRELESS SENSOR*  
*NETWORK* DENGAN TOPOLOGI MESH

Menyatakan bahwa skripsi tersebut di atas bebas plagiat. Apabila ternyata ditemukan di unsur plagiat di dalam skripsi saya, maka saya bersedia mendapatkan sanksi apa pun sesuai aturan yang berlaku.

Salatiga, Desember 2015



Rudy Santoso Lukito

## INTISARI

Energi yang digunakan untuk penerangan lampu jalan umum tidaklah sedikit. Lampu jalan yang sudah menurun kualitasnya akan mengkonsumsi energi lebih banyak dari kondisi normalnya. Terkadang lampu jalan juga masih menyala pada siang hari menyebabkan pemborosan energi listrik yang digunakan, sehingga diperlukan sistem monitoring agar penggunaan energi listrik untuk lampu jalan umum bisa seefisien mungkin.

Skripsi ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem *monitoring* energi listrik yang terpakai pada lampu penerangan jalan umum dan melakukan pengiriman data berbasis *wireless sensor network* dengan topologi *mesh*. Terdapat modul *slave* yang dipasang pada tiang lampu jalan yang terdiri dari sensor tegangan untuk memonitor tegangan RMS jala-jala, sensor arus untuk memonitor besarnya arus yang terpakai oleh lampu jalan umum, dan sensor cahaya untuk memonitor intensitas cahaya lampu jalan. Mikrokontroler digunakan untuk mengolah data dari sensor tegangan dan arus sehingga dapat diketahui besarnya daya yang digunakan oleh lampu jalan. *Wireless sensor network* dengan topologi *mesh* dirancang untuk untuk menanggulangi gagalnya pengiriman data dari modul *slave* ke modul *master* di komputer *server*.

Hasil pengujian menunjukkan sensor tegangan yang dirancang memiliki ralat sebesar 0,2%. Sensor arus memiliki ralat sebesar 0,013%. Perhitungan daya nyata oleh mikrokontroler memiliki ralat sebesar 0,23%. Pembacaan intensitas cahaya menggunakan sensor cahaya memiliki ralat sebesar 1,2%. Perancangan *wireless sensor network* dengan topologi *mesh* berhasil direalisasikan, dimana ketika salah satu modul *slave* ada yang tidak berfungsi, semua data dari modul *slave* yang berfungsi tetap dapat diterima oleh modul *master*.

## ABSTRACT

Street lighting lamps use much energy . The street lights with poor quality will consume more energy than the normal one. Sometimes, street lights are still lit during the day leading to waste of electrical energy used, so we need an electrical energy monitoring system for public street lighting so that the energy can be used efficiently.

This final project aims to design and realize a monitoring system that applies electrical energy in street lighting lamps and data transmission based on wireless sensor network with a mesh topology. There is a slave module comprising a voltage sensor to monitor the effective voltage is used, a current sensor to monitor the amount of current used in street lighting, and light sensor to monitor the intensity of the street lamps. The microcontroller is used to process data from the voltage sensor and current sensor, so that the power consumed by streetlights can be calculated. Wireless sensor with \ mesh network topology is designed to cope with the failure of the data transmission from slave module to master module on the server computer.

A voltage sensor that is designed to has an error of 0,2%. The current sensor has an error of 0,013%. The calculation of real power by microcontroller has 0,23% error Reading light intensity using a light sensor has 1,2% error. The wireless sensor network with mesh topology is successfully designed and applied, whenever one slave module doesn't function properly, all data from the other slave module that is properly working can be received by the master module.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menyertai penulis selama menempuh pendidikan dari awal hingga penyelesaian tugas akhir sebagai syarat kelulusan di Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini:

1. Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa memberkati, menyertai, dan memberikan segala yang terbaik bagi penulis selama menempuh pendidikan S1 di FTEK UKSW hingga dari awal kuliah hingga selesai.
2. Papi Dharmawan Lukito(Alm.), Mami Hilda Moeljono, dan adik-adikku Michael dan Edo tercinta sebagai keluarga yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, mendukung, dan mendoakan penulis.
3. Bapak Deddy Susilo, M.Eng dan Bapak Fransiskus Dalu Setiadji, M.T. sebagai pembimbing I dan pembimbing II yang dengan penuh kesabaran membimbing penulis serta memberikan saran serta masukan selama mengerjakan tugas akhir ini.
4. Seluruh staff dosen, karyawan dan laboran FTEK yang telah membantu dan memfasilitasi penulis selama menempuh pendidikan S1 di FTEK UKSW.
5. Keluarga besar 2011, terutama Oei, Kurniawan Utomo, Rachel Agustine Kurnia Sanjaya, Silvester Kristian, Marcel Frans Wijadi, dan Joel Patra sebagai teman seperjuangan yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis.
6. Teman-teman FTEK, terutama Samuel Alvin Utama dan teman-teman seperjuangan yang lain, terutama Aditya Setyo, Sisca Arum, Hendra Pratama, dan Richie Gunawan.
7. Berbagai pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu.



Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata “sempurna”, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca sehingga tugas akhir ini dapat berguna bagi kemajuan pendidikan di FTEK UKSW

Salatiga, 13 Desember 2015

Penulis

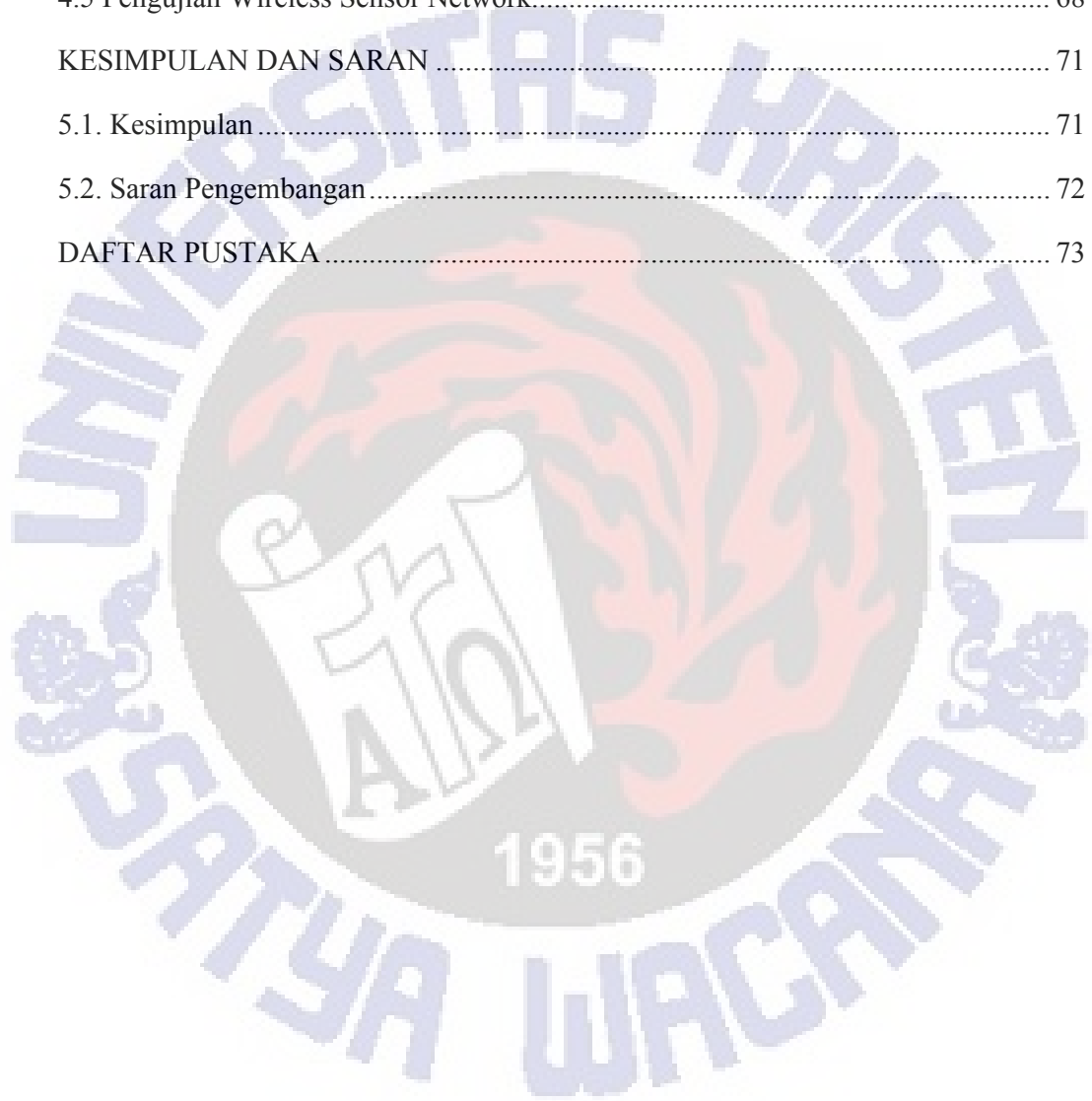


## DAFTAR ISI

INTISARI .....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
PENDAHULUAN .....	1
1.1.Tujuan .....	1
1.2.Latar Belakang.....	1
1.3. Spesifikasi Alat.....	2
1.4. Sistematika Penulisan .....	3
DASAR TEORI .....	4
2.1. Daya Listrik .....	4
2.1.1 Daya Aktif.....	4
2.1.2 Daya Reaktif.....	5
2.1.2.1 Daya reaktif induktif.....	5
2.1.2.2 Daya reaktif kapasitif.....	5
2.1.3 Daya Nyata .....	5
2.2 Mikrokontroler.....	6
2.3. Sensor Tegangan.....	8
2.4. Sensor Arus.....	9
2.5 Wireless Sensor Network.....	11

2.5.1 Topologi Star .....	12
2.5.2 Topologi Cluster/Tree.....	12
2.5.3 Topologi Mesh.....	12
2.6 Sensor Cahaya.....	14
PERANCANGAN .....	16
3.1. Gambaran Alat yang Dibuat .....	16
3.2. Perancangan Perangkat Keras.....	20
3.2.1 Sensor Tegangan.....	20
3.2.2 Sensor Arus.....	21
3.2.3 Mikrokontroler.....	22
3.2.4 Wireless Sensor Network.....	27
3.2.5 Sensor Cahaya.....	29
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	29
3.3.1 Komputer Server.....	30
3.3.2 Modul Master.....	32
3.3.3 Modul Slave.....	32
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	34
4.1Pengujian Sensor Tegangan.....	34
4.1.1 Pengujian Trafo.....	34
4.1.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	35
4.1.3 Pengujian sensor tegangan keseluruhan .....	39
4.2 Pengujian Sensor Arus.....	42
4.2.1 Pengujian Sensor Arus dengan Beban 100 W .....	43
4.2.2 Pengujian Sensor Arus dengan Beban 300 W .....	46
4.2.3 Pengujian Sensor Arus dengan Beban 500 W .....	50
4.2.4 Pengujian Sensor Arus dengan Beban Lampu Jalan .....	54

4.3 Pengujian Power Factor dan Daya Nyata .....	58
4.3.1 Pengujian Power Factor .....	58
4.3.2 Pengujian Daya Nyata .....	62
4.4 Pengujian Sensor Cahaya.....	65
4.5 Pengujian Wireless Sensor Network.....	68
KESIMPULAN DAN SARAN .....	71
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran Pengembangan.....	72
DAFTAR PUSTAKA .....	73





## DAFTAR GAMBAR

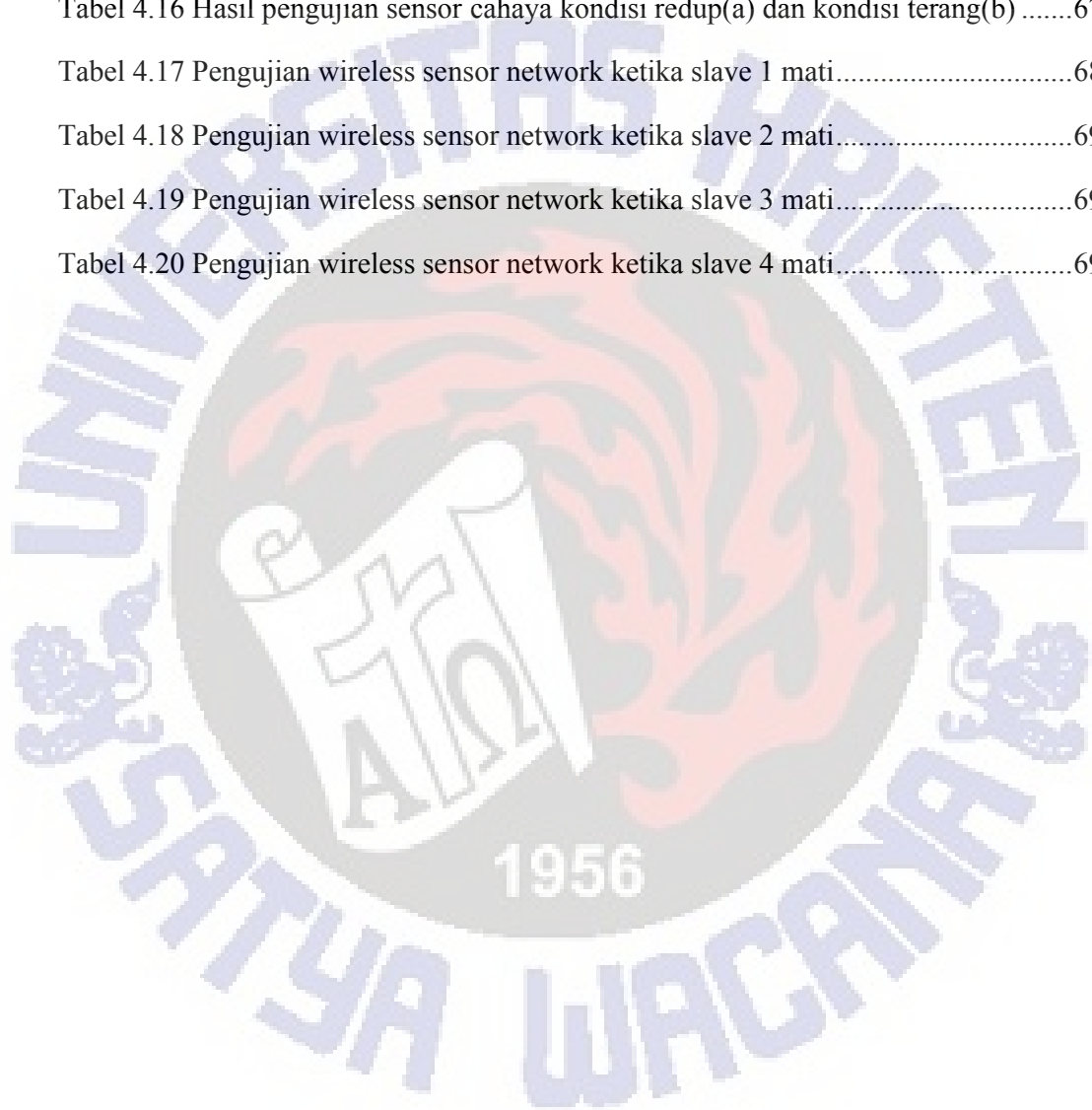
Gambar 2.1. Segitiga daya.	6
Gambar 2.2. Pinout arduino pro mini[5].	7
Gambar 2.3. Diagram sirkuit sensor tegangan.	9
Gambar 2.4. Perbandingan tegangan output adapter VA dan tegangan output sensor tegangan VB[6].	9
Gambar 2.5 Sensor arus YHDC SCT 013-020.	10
Gambar 2.6. Diagram sirkuit sensor arus.	10
Gambar 2.7. Tegangan output sensor arus VA[8].	10
Gambar 2.8. Skema wireless sensor network[9].	11
Gambar 2.9. Topologi wireless sensor network[9].	12
Gambar 2.10 Topologi mesh	13
Gambar 2.11 Sensor cahaya BH1750[11]	15
Gambar 3.1 Blok diagram sistem yang dirancang untuk modul slave.	17
Gambar 3.2 Blok diagram sistem yang dirancang untuk modul master.	17
Gambar 3.3 Skema board PCB modul slave.	18
Gambar 3.4 Dimensi lampu jalan	19
Gambar 3.5 Modul slave terpasang pada tiang lampu jalan	19
Gambar 3.6 Rangkaian sensor tegangan.	21
Gambar 3.7 Hasil keluaran sensor tegangan.	21
Gambar 3.8 Rangkaian sensor arus.	22
Gambar 3.9 Hasil keluaran sensor arus.	22
Gambar 3.10 Skema board mikrkokontroler arduino pro mini.	23
Gambar 3.11 Board arduino pro mini.	23
Gambar 3.12 Topologi Wireless Sensor Network dengan 1 master dan 5 slave.	28
Gambar 3.13 Blok diagram sensor cahaya BH1750.	29

Gambar 3.14 Diagram alir computer server .....	31
Gambar 3.15 Diagram alir modul master. ....	32
Gambar 3.16 Diagram alir modul slave.....	33
Gambar 4.1 Pengujian tegangan output trafo. ....	34
Gambar 4.2 Hasil pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal .....	36
Gambar 4.3. Tegangan ouput rangkaian pengkondisi sinyal.....	36
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian sensor tegangan (a) hari ke 1 dan (b) hari ke 2 .....	42
Gambar 4.5. Skematik pengujian sensor arus dengan lampu bohlam .....	43
Gambar 4.6 Hasil tegangan output sensor arus 100 watt.....	43
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian sensor arus dengan beban 100 W hari ke 1 (a) dan hari ke 2(b).....	46
Gambar 4.8 Hasil tegangan output sensor arus 3 bohlam lampu.....	47
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian sensor arus dengan beban 300 W hari ke 1(a) dan hari ke 2(b).....	50
Gambar 4.10 Hasil tegangan output sensor arus dengan beban 500 W .....	51
Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian sensor arus dengan beban 500 W hari ke 1(a) dan hari ke 2(b).....	54
Gambar 4.12 Hasil tegangan output sensor arus lampu jalan.....	55
Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian sensor arus lampu jalan hari ke 1(a) dan hari ke 2(b).....	58
Gambar 4.14 Hasil pengujian power factor dengan osiloskop untuk lampu bohlam .....	59
Gambar 4.15 Pengujian power factor menggunakan osiloskop untuk lampu jalan.....	61
Gambar 4.16 Grafik hasil pengujian daya nyata dengan beban 100 W .....	63
Gambar 4.17 Grafik hasil pengujian daya nyata dengan beban 500 W .....	64
Gambar 4.18 Grafik hasil pengujian daya nyata dengan beban lampu jalan.....	65
Gambar 4.19 Pengujian sensor cahaya .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jenis dan spesifikasi lampu jalan.....	1
Tabel 2.1 Spesifikasi arduino pro mini.....	6
Tabel 2.2. Spesifikasi YHDC SCT 013-020.....	9
Tabel 2.3 Tabel routing wireless sensor network.....	13
Tabel 2.4 Spesifikasi sensor cahaya BH1750.....	15
Tabel 3.1. Konfigurasi pin Mikrokontroler Arduino Pro Mini 3,3 V 8Mhz yang digunakan untuk sensor node.....	26
Tabel 3.2 Konfigurasi pin Mikrokontroler Arduino Pro Mini 3,3 V 8Mhz yang digunakan untuk master node.....	27
Tabel 3.3 Paket data yang digunakan.....	27
Tabel 4.1. Pengujian output trafo.....	35
Tabel 4.2 Hasil pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal.....	38
Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor tegangan hari ke 1(a) dan hari ke 2 (b).....	40
Tabel 4.4 Pengujian tegangan output sensor arus dengan beban 100 W.....	44
Tabel 4.5 Hasil pengujian sensor arus dengan beban 100 W hari ke 1 (a) dan hari ke 2(b).....	45
Tabel 4.4 Pengujian tegangan output sensor arus dengan beban 300 W.....	48
Tabel 4.6 Hasil pengujian sensor arus dengan beban 300 W hari ke 1(a) dan hari ke 2(b).....	49
Tabel 4.7 Pengujian tegangan output sensor arus dengan beban 500 W.....	52
Tabel 4.8 Hasil pengujian sensor arus dengan beban 500 W hari ke 1(a) dan hai ke 2(b).....	53
Tabel 4.9 Pengujian tegangan output sensor arus lampu jalan.....	56
Tabel 4.10 Hasil pengujian sensor arus lampu jalan hari ke 1(a) dan hari kedua(b).....	57
Tabel 4.11 Hasil pengujian power factor lampu bohlam.....	60

Tabel 4.12 Hasil pengujian power factor lampu jalan .....	61
Tabel 4.13 Pengujian daya nyata dengan beban 100 W .....	62
Tabel 4.14 Pengujian daya nyata dengan beban 500 W .....	63
Tabel 4.15 Pengujian daya nyata dengan beban lampu jalan .....	64
Tabel 4.16 Hasil pengujian sensor cahaya kondisi redup(a) dan kondisi terang(b) .....	67
Tabel 4.17 Pengujian wireless sensor network ketika slave 1 mati.....	68
Tabel 4.18 Pengujian wireless sensor network ketika slave 2 mati.....	69
Tabel 4.19 Pengujian wireless sensor network ketika slave 3 mati.....	69
Tabel 4.20 Pengujian wireless sensor network ketika slave 4 mati.....	69





## DAFTAR SIMBOL

$V_{rms}$	Tegangan efektif
$i_{rms}$	Arus efektif
$P$	Daya aktif
$S$	Daya nyata
$Q$	Daya reaktif
$\cos \varphi$	Faktor daya
$\varphi$	Beda fase
$V_{cc}$	Tegangan <i>supply</i> 3.3V
$V_{AW}$	Tegangan <i>supply</i> 3.3V-12V
$V_{pp}$	Tegangan puncak-puncak
$R_1$	Resistor 1
$R_2$	Resistor 2
$R_3$	Resistor 3
$R_4$	Resistor 4
$C_1$	Kapasitor 1
$C_2$	Kapasitor 2
$N$	Jumlah sampel
$V_n$	Tegangan sampel ke $n$ dalam nilai ADC
$I_n$	Arus sampel ke $n$ dalam nilai ADC
$V_{AC}$	Tegangan antara Titik A dan B
$V_{BC}$	Tegangan antara Titik B dan C
$V_{rms}$	Tegangan efektif dalam nilai ADC
$I_{rms}$	Arus efektif dalam nilai ADC

## DAFTAR SINGKATAN

GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
V	<i>Volt</i>
VA	<i>Volt Ampere</i>
VAR	<i>Volt Ampere Reaktif</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
SDA	<i>Serial Data Line</i>
SCL	<i>Serial Clock Line</i>
TWI	<i>Two-Wire Interface</i>
RX	<i>Receive</i>
TX	<i>Transmit</i>
SPI	<i>Serial Pheriperal Interface</i>
SS	<i>Slave Select</i>
MOSI	<i>Master Out Slave In</i>
MISO	<i>Master In Slave Out</i>
SCK	<i>Serial Clock</i>
LED	<i>Light Emiting Diode</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>